

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) **EP 0 733 871 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(43) Veröffentlichungstag:

**25.09.1996 Patentblatt 1996/39**

(51) Int.

**F28F 1/40**

Cl. 7:

(21) Anmeldenummer: **96103390.9**

(22) Anmeldetag: **05.03.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI  
LU MC NL PT SE**

(72) Erfinder:

**, Naumann, Ulrich  
58706 Menden (DE)  
, Schmidt, Martin  
58730 Fröndenberg (DE)**

(30) Priorität: **21.03.1995 DE 19510124**

(54) **Austauscherrohr für einen Wärmeaustauscher**

**EP 0 733 871 B1**

**Beschreibung**

Die Erfindung betrifft ein Austauscherrohr für einen Wärmeaustauscher gemäß den  
5 Merkmalen im Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein derartiges Austauscherrohr zählt durch die US-PS 53 32 034 zum Stand der Technik.  
Hierbei weisen sowohl die Rippen als auch die von den Rippen seitlich begrenzten Kanäle  
10 jeweils einen trapezförmigen Querschnitt auf. Das Querschnittsvolumen der Rippen ist etwa  
halb so groß wie das Querschnittsvolumen der Kanäle bemessen.

Die in den Rippen ausgeformten Mulden werden durch Walzen hergestellt. Hierbei wölbt sich  
das aus den Rippen verformte Material stirnseitig der Mulden in die Kanäle hinein. Die Böden  
15 der Mulden liegen im Abstand zu den Kanalsohlen.

Die Herstellung des bekannten Austauscherrohrs erfolgt dadurch, daß zunächst in einem  
zweistufigen Walzprozeß die Struktur der späteren inneren Oberfläche einseitig an einem  
Metallband erzeugt, anschließend das Metallband zu einem Schlitzrohr mit innenliegender  
20 Oberflächenstruktur umgeformt wird und danach die Schlitzkanten verschweißt werden.

Das zweistufige Walzen der inneren Oberflächenstruktur führt zu einem hohen  
Fertigungsaufwand. Es sind mehrere Walzprägewerkzeuge erforderlich, welche die  
Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen. Die Mulden der Rippen entstehen durch Überwalzen eines  
25 zunächst vorhandenen Volumenanteils der im ersten Walzschrift ausgeprägten Rippen. Dieser  
ehemalige Volumenanteil der Rippen wird nur in die unmittelbare Nachbarschaft verteilt. Eine  
nennenswerte Verringerung des Metergewichts kann aber nicht erreicht werden.

Ferner kann es aufgrund der Ebenförmigkeit der Kopfseiten und der Flanken der Rippen im  
30 praktischen Einsatz zur Bildung von schwer aufreißbaren, die Kondensation verzögernden  
Kondensatfilmen kommen, so daß sich Sperrschichten mit wärmeisolierenden Eigenschaften  
bilden. Für die Verdampfung stehen nur wenige Kanten als Dampfblasenkeime zur Verfügung.

Der Erfindung liegt ausgehend vom Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, ein  
35 Austauscherrohr mit einer inneren Oberflächenstruktur zu schaffen, bei welcher sich einerseits  
die Vorteile einer gleichermaßen guten Verdampfungs- bzw. Kondensationsleistung bei  
reduziertem Rippengewicht verbinden und andererseits zur Herstellung des Austauscherrohrs  
ein einstufiges Prägeverfahren angewendet werden kann.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht nach der Erfindung in den im kennzeichnenden Teil des  
40 Anspruchs 1 aufgeführten Merkmalen.

Kern der Erfindung bildet eine solche innere grobe Oberflächenstruktur, die nur gerundete  
Übergänge aufweist und scharfe Kanten vermeidet. Folglich kann in besonders vorteilhafter  
45 Weise die grobe Oberflächenstruktur durch Walzprägen in einer einzigen Stufe erzeugt werden.  
Der apparatetechnische Aufwand wird dadurch erheblich gesenkt.

Ferner ist es jetzt hinsichtlich der Intensivierung des Wärmeübergangs zwischen dem in dem  
Austauscherrohr strömenden Fluid und der groben Oberflächenstruktur von Vorteil, daß die  
50 Oberflächen der Rippen bis hin zu den Kanalsohlen zusätzlich mit einer gezielten Mikrorauhigkeit  
versehen werden. Dies macht sich insbesondere bei der Kondensation und Verdampfung von  
Kältemitteln bemerkbar, wenn das Austauscherrohr in einen entsprechenden  
Wärmeaustauscher eingegliedert wird. Das Querschnittsvolumen der Rippen ist zugunsten der  
55 Erhöhung der Rippenanzahl verringert worden. Hierdurch ist es möglich, die  
wärmeaustauschende Oberflächenstruktur zu vergrößern und somit den Wärmeübergang zu  
verbessern. Auch können in diesem Zusammenhang sehr schlanke Rippen und damit schmale

## EP 0 733 871 B1

Kanäle erzeugt werden. Die kopfseitig gerundeten Rippen haben insbesondere den Vorteil, daß beim Einziehen eines Austauscherrohrs in Lamellen eines Wärmeaustauschers, insbesondere durch Aufweiten mittels eines durch das Austauscherrohr bewegten Werkzeugs, die Kopfp<sup>5</sup>artien der Rippen nur unwesentlich abgeplattet werden, so daß hiermit auch der Bildung von schwer aufreißbaren Kondensatfilmen wirksam entgegengetreten wird. Dennoch kann durch die Mikrorauhigkeit aufgrund der großen Rippenoberflächen die für eine effektive Verdampfung vorteilhafte große Anzahl von Vorsprüngen, Kanten, Spitzen und Vertiefungen als<sup>10</sup> Dampfblasenkeime bereitgestellt werden, ohne daß hierfür größere Materialmengen erforderlich sind.

Auch die Oberflächen der Lamellen können bei Bedarf mit einer Grobstruktur entsprechend der Innenstruktur der Austauscherrohre und/oder mit einer Mikrorauhigkeit versehen werden.

<sup>15</sup> Die Anwendung der Erfindung erfolgt bei Austauscherrohren aus Metall, insbesondere aber aus Kupfer oder Kupferlegierungen. Derartige Austauscherrohre können z.B. einen runden oder ovalen Querschnitt besitzen. Runde Austauscherrohre weisen bevorzugt einen Außendurchmesser von etwa 6 mm bis 20 mm auf.

<sup>20</sup> Grundsätzlich ist es erfindungsgemäß vorstellbar, daß die Mittellängsebenen der Mulden zwar parallel zueinander, jedoch in Längsrichtung der Rippen zueinander versetzt verlaufen.

Die Ausführungsform gemäß Anspruch 2 sieht demgegenüber vor, daß die Mittellängsebenen der Mulden benachbarter Rippen fluchtend verlaufen.

<sup>25</sup> Die Mikrorauhigkeit der Rippenoberflächen kann auf verschiedene Art und Weise verwirklicht werden. So ist beispielsweise eine diffuse Aufrauhung durch gestrahlten Korund denkbar. Vorstellbar ist ferner eine Kerbung der Rippenoberflächen in Form von linienförmigen Mikrorillen (Anspruch 3). Diese Mikrorillen erstrecken sich dann bevorzugt parallel zueinander. Ihre<sup>30</sup> Längsrichtung weicht jedoch von der Längsrichtung der Rippen ab.

Die Mikrorauhigkeit kann darüberhinaus entsprechend Anspruch 4 durch sich kreuzförmig schneidende, von der Längsrichtung der Rippen abweichende Mikrorillen gebildet sein.

<sup>35</sup> Statt durchgehender Mikrorillen können aber auch punktuelle Vertiefungen vorgesehen werden. Diese können ebenfalls linienförmig oder kreuzförmig im Abstand hintereinander angeordnet sein.

Auch die Erzeugung der Mikrorauhigkeit kann auf verschiedene Art und Weise erfolgen. Eine bevorzugte Variante wird hierbei in den Merkmalen des Anspruchs 5 gesehen. Hier wird die<sup>40</sup> Mikrorauhigkeit der Rippenoberflächen durch eine Bestrahlung mit Hartpartikeln, wie z.B. Korund, oder durch eine Texturierung mittels Laserstrahlen hergestellt. Dabei ist es möglich, entweder das bereits mit der Oberflächenstruktur versehene Ausgangsmaterial (Blechband)<sup>45</sup> entsprechend zu bearbeiten oder eine Prägewalze selber mit der gewünschten negativen Mikrorauhigkeit zu versehen.

Auch eine Profilgebung der Prägewalze durch Funkenerodieren ist möglich.

<sup>50</sup> Interne Untersuchungen haben ergeben, daß es zur Erzielung einer gleichermaßen guten Kondensations- und Verdampfungsleistung entsprechend Anspruch 6 vorteilhaft ist, wenn die Tiefe der Mikrorauhigkeit 0,075 mm oder geringer bemessen wird.

Nach Anspruch 7 kann der Flankenwinkel der Rippen 5° bis 60°, vorzugsweise jedoch 10° bis 40°, betragen. Auf diese Weise ist eine sehr schlanke Rippenkontur herstellbar.

<sup>55</sup> Der Verlauf der Rippen relativ zur Längsachse des Austauscherrohrs erfolgt gemäß den Merkmalen des Anspruchs 8 unter einem Winkel von 1° bis 89°, vorzugsweise 20° bis 55°.

Ferner ist es sinnvoll, wenn nach Anspruch 9 der zwischen der Längsrichtung der Rippen und

## EP 0 733 871 B1

den Mittellängsebenen der Mulden eingeschlossene Winkel  $90^\circ$  und kleiner bemessen ist.

Gemäß Anspruch 10 ist es vorteilhaft, wenn der Abstand zweier benachbarter Rippen 0,10 mm bis 2,0 mm, vorzugsweise 0,26 mm bis 0,6 mm, beträgt.

5 Die Höhe der Rippen wird je nach Rohrdurchmesser entsprechend Anspruch 11 zweckmäßig zwischen 0,03 mm bis 1,0 mm, vorzugsweise 0,05 mm bis 0,35 mm, bemessen.

Desweiteren ist es von Vorteil, wenn nach Anspruch 12 der Abstand zweier benachbarter Mulden einer Rippe 0,2 mm bis 4,0 mm, vorzugsweise 0,3 mm bis 1,0 mm, beträgt.

10 Die Böden der Mulden und die Kanalsohlen müssen gemäß Anspruch 13 nicht auf einer Ebene liegen. Der minimale Abstand der Muldenböden von den Kanalsohlen sollte dann mindestens 0,01 mm betragen.

15 Entsprechend den Merkmalen des Anspruchs 14 ist es aber auch denkbar, daß die Muldenböden und die Kanalsohlen in derselben Ebene liegen.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

- |    |                 |   |
|----|-----------------|---|
| 20 | Figur 1         | in der Perspektive einen Längenabschnitt eines Austauscherrohrs;                              |
|    | Figur 2         | in der Draufsicht einen Längenabschnitt eines strukturierten Blechbands;                      |
|    | Figur 3         | in der Perspektive den Ausschnitt III der Figur 2;  |
|    | Figur 4         | in vergrößerter Darstellung einen vertikalen Querschnitt entlang der Linie IV-IV der Figur 2; |
| 25 | Figur 5         | einen vertikalen Längsschnitt entlang der Linie V-V der Figur 4 und die                       |
|    | Figuren 6 und 7 | anhand von Diagrammen einen Leistungsvergleich an   |
|    |                 | Wärmeaustauschern in Koaxialbauweise mit verschiedenen  |
| 30 |                 | Rohrausführungen.   |

Mit 1 ist in der Figur 1 ein Längenabschnitt eines längsnahtgeschweißten Austauscherrohrs für einen ansonsten nicht näher dargestellten Wärmeaustauscher zur Kondensation und Verdampfung von Kältemitteln bezeichnet.

35 Das im Außen- und Innenquerschnitt kreisrunde Austauscherrohr 1 besitzt eine glatte äußere Oberfläche 2 und eine strukturierte innere Oberfläche 3. Zur Festlegung des Austauscherrohrs 1 in einer ggf. von mehreren zueinander parallel verlaufenden Austauscherrohren 1 durchsetzten Lamelle eines Wärmeaustauschers wird das Austauscherrohr 1 in eine an seinen

40 Außendurchmesser angepaßte Öffnung in der Lamelle eingeführt und durch Aufweiten in der Öffnung festgelegt. Zu diesem Zweck wird ein entsprechend ausgebildetes nicht näher dargestelltes Aufweitwerkzeug durch das Austauscherrohr 1 verlagert.

45 Beim Ausführungsbeispiel besitzt das Austauscherrohr 1 einen Außendurchmesser D von 9,52 mm.

Die Herstellung des Austauscherrohrs 1 erfolgt aus einem nicht näher dargestellten beidseitig ebenen Blechband aus Kupfer. Das Blechband wird einem einstufigen Walzprägevorgang unterworfen, wobei entsprechend der Darstellung der Figuren 2 und 3 eine

50 Seite des Blechbands 4 glatt bleibt (die spätere äußere Oberfläche 2 des Austauscherrohrs 1) und die andere Seite mit einer strukturierten Oberfläche (die spätere Innenseite 3 des Austauscherrohrs 1) versehen wird. Lediglich die dem Verschweißen dienenden Randbereiche

55 5 des Blechbands 4 (Figur 2) bleiben unstrukturiert. Nach dem Walzprägen wird das Blechband 4 zu einem Schlitzrohr eingeformt und dann längsnahtgeschweißt sowie auf Länge abgeteilt.

Die Struktur der inneren Oberfläche 3 des Austauscherrohrs 1 wird anschließend anhand der

## EP 0 733 871 B1

Figuren 2 bis 5 näher erläutert.

Sie umfaßt unter einem Winkel  $\alpha$  von  $45^\circ$  zur Längsachse 6 des Austauscherrohrs 1 verlaufende parallele Rippen 7 (Figuren 2 und 3) mit geneigten Flanken 8 (Figuren 3 und 4).  
5 Der Flankenwinkel  $\beta$  der Rippen 7 beträgt beim Ausführungsbeispiel  $20^\circ$  und der Abstand A zweier benachbarter Rippen 7 0,35 mm (Figuren 2 und 4). Ihre Höhe H beläuft sich auf 0,30 mm (Figur 4). Der die Rippen 7 im Fußbereich verbindende Basisabschnitt 9 hat eine Dicke D1 von 0,30 mm (Figur 5).

10 Ferner ist aus den Figuren 3 und 4 zu erkennen, daß sowohl die Kopfbereiche 10 der Rippen 7 als auch die Übergänge 11 von den Flanken 8 auf die Kanalsohlen 12 gerundet sind. Das Querschnittsvolumen der Rippen 7 ist kleiner als das Querschnittsvolumen der Kanäle 13 zwischen den Rippen 7 bemessen.

15 Wie insbesondere die Figuren 3 und 5 veranschaulichen, ist jede Rippe 7 im Längsschnitt gesehen mit einem sinusförmigen Kammverlauf versehen. Aufgrund dieses sinusförmigen Wellenkamms der Rippen 7 in ihren Längsrichtungen LR werden in den Rippen 7 quer verlaufende Mulden 14 gebildet. Wie in diesem Zusammenhang die Figur 2 zeigt, sind Mulden  
20 14 benachbarter Rippen 7 in einem Winkel  $\gamma$  von  $45^\circ$  zur Längsachse  $\delta$  des Austauscherrohrs 1 fluchtend hintereinander angeordnet. Der zwischen der Längsrichtung LR der Rippen 7 und den Mittellängsebenen MLE der Mulden 14 eingeschlossene Winkel  $\delta$  beträgt  $90^\circ$ . Der Abstand A1 zweier in Längsrichtung einer Rippe 7 benachbarter Mulden 14 0,50 mm (Figuren 2 und 5) und  
25 der Abstand A2 der Muldenböden 15 von den Kanalsohlen 12 beträgt 0,01 mm. Die Mulden 14 haben eine Tiefe T1 von 0,25 mm (Figuren 4 und 5).

Wie die Figur 5 in bewußt übertriebener Darstellung anhand des Wellenkamms der Rippen 7 erkennen läßt, sind die Oberflächen 8, 10, 11 der Rippen 7, d.h. die Kopfbereiche 10, die  
30 Flanken 8 und die Übergänge 11 von den Flanken 8 auf die Kanalsohlen 12, ggf. aber auch die Kanalsohlen 12, mit einer Mikrorauhigkeit 16 versehen, deren Tiefe T 0,005 mm beträgt.

Die Herstellung der Mikrorauhigkeit 16 erfolgt beim Ausführungsbeispiel unmittelbar beim Walzprägen. Dazu ist die Prägewalze mittels einer Bestrahlung durch Korunde mit einer  
35 negativen diffusen Oberflächenstruktur versehen worden, die dann die Erzeugung der Oberflächenstruktur an der späteren inneren Oberfläche 3 des Austauscherrohrs 1 gewährleistet.

40 Aufgrund der strukturierten inneren Oberfläche 3 hat das in Figur 1 veranschaulichte Austauscherrohr 1 im Vergleich nicht nur zu einem Austauscherrohr mit einer glatten inneren Oberfläche, sondern auch zu einem innen gerillten Austauscherrohr einen wesentlich besseren Wärmedurchgangskoeffizienten  $k'$  (W/mK).

45 Dieser Sachverhalt ist aus den aufgrund vergleichender Untersuchungen erstellten Diagrammen gemäß den Figuren 6 und 7 ohne zusätzliche Erläuterungen erkennbar (Figur 6 - Kondensation, Fig. 7 - Verdampfung).

### 50 Bezugszeichenaufstellung

- |   |                        |
|---|------------------------|
| 1 | Austauscherrohr        |
| 2 | äußere Oberfläche v. 1 |
| 3 | innere Oberfläche v. 1 |
| 4 | Blechband              |

## EP 0 733 871 B1

5	5	Randbereiche v. 4
	6	Längsachse v. 1
	7	Rippen
5	8	Flanken v. 7
	9	Basisabschnitt v. 4
	10	Kopfbereiche v. 7
	11	Übergänge v. 8 auf 12
10	12	Kanalsohlen
	13	Kanäle
	14	Mulden
	15	Muldenböden
15	16	Mikrorauhigkeit
	A	Abstand zweier benachbarter Rippen 7
	A1	Abstand zweier benachbarter MLE auf einer Rippe 7
	A2	Abstand v. 12 zu 15
20	D	Außendurchmesser v. 1
	D1	Dicke v. 9
	H	Höhe v. 7
	LR	Längsrichtung v. 7
25	MLE	Mittellängsebenen direkt benachbarter Mulden 14 auf verschiedenen Rippen 7
	T	Tiefe v. 16
	T1	Tiefe v. 14
	$\alpha$	Winkel zw. 6 u. 7
30	$\beta$	Flankenwinkel v. 7
	$\gamma$	Winkel zw. 6 u. MLE
	$\delta$	Winkel zw. LR u. MLE

### 35 Patentansprüche

1. Austauscherrohr für einen Wärmeaustauscher, das eine glatte äußere Oberfläche (2) und eine strukturierte innere Oberfläche (3) aufweist, die aus in einem von 90° abweichenden Winkel ( $\alpha$ ) zur Längsachse (6) des Austauscherrohrs (1) verlaufenden parallelen Rippen (7) mit geneigten Flanken (8), von den Rippen (7) seitlich begrenzten Kanälen (13) und in den Rippen (7) ausgeformten quer verlaufenden Mulden (14) gebildet ist, wobei die Mittellängsebenen (MLE) der Mulden (14) in einem von 90° abweichenden Winkel ( $\gamma$ ) zur Längsachse (6) des Austauscherrohrs (1) verlaufen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mulden (14) durch eine im Längsschnitt sinusförmige Gestaltung der hinsichtlich ihrer Oberflächen (8, 10, 11) mit einer Mikrorauhigkeit (16) versehenen und kopfseitig gerundeten Rippen (7) gebildet sind, wobei die einander gegenüberliegenden Flanken (8) benachbarter Rippen (7) durch gerundete Übergänge (11) mit den Kanalsohlen (12) verbunden sind.
2. Austauscherrohr nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittellängsebenen (MLE) der Mulden (14) benachbarter Rippen (7) fluchtend verlaufen.
3. Austauscherrohr nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mikrorauhigkeit (16) der Rippenoberflächen (8, 10, 11) durch parallel zueinander verlaufende,

## EP 0 733 871 B1

von der Längsrichtung (LR) der Rippen (7) abweichende Mikrorillen gebildet ist.

- 5 4. Austauscherrohr nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mikrorauhigkeit (16) der Rippenoberflächen (8, 10, 11) durch sich kreuzförmig schneidende, von der Längsrichtung (LR) der Rippen (7) abweichende Mikrorillen gebildet ist.
- 10 5. Austauscherrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mikrorauhigkeit (16) durch Partikelstrahlen oder mittels Laserstrahlen hergestellt ist.
- 15 6. Austauscherrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Tiefe (T) der Mikrorauhigkeit (16) 0,075 mm oder geringer bemessen ist.
- 20 7. Austauscherrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Flankenwinkel ( $\beta$ ) der Rippen (7) 5° bis 60°, vorzugsweise 10° bis 40°, beträgt.
- 25 8. Austauscherrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Längsrichtung (LR) der Rippen (7) unter einem Winkel ( $\alpha$ ) von 1° bis 89°, bevorzugt 20° bis 55°, zur Längsachse (6) des Austauscherrohrs (1) verläuft.
- 30 9. Austauscherrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der zwischen der Längsrichtung (LR) der Rippen (7) und den Mittellängsebenen (MLE) der Mulden (14) eingeschlossene Winkel ( $\delta$ ) 90° und kleiner bemessen ist.
- 35 10. Austauscherrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstand (A) zweier benachbarter Rippen (7) 0,10 mm bis 2,0 mm, vorzugsweise 0,26 mm bis 0,6 mm, beträgt.
- 40 11. Austauscherrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Höhe (H) der Rippen (7) 0,03 mm bis 1,0 mm, vorzugsweise 0,05 mm bis 0,35 mm, beträgt.
- 45 12. Austauscherrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstand (A1) zweier benachbarter Mulden (14) einer Rippe (7) 0,2 mm bis 4,0 mm, vorzugsweise 0,3 mm bis 1,0 mm, beträgt.
- 50 13. Austauscherrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Muldenböden (15) im Abstand (A2) von den Kanalsohlen (12) angeordnet sind.
14. Austauscherrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Muldenböden (15) in derselben Ebene wie die Kanalsohlen (12) angeordnet sind.

## Claims

- 55 1. Exchanger tube for a heat exchanger, which tube exhibits a smooth outer surface (2) and a structured inner surface (3) which is formed of parallel ribs (7) having inclined flanks (8) and running at an angle ( $\alpha$ ) other than 90° to the longitudinal axis (6) of the exchanger

# **EP 0 733 871 B1**

tube (1), of channels (13) bounded laterally by the ribs (7) and of hollows (14) formed in the ribs (7) and running transversely, the median longitudinal planes (MLE) of the hollows (14) running at an angle ( $\gamma$ ) other than  $90^\circ$  to the longitudinal axis (6) of the exchanger tube (1), characterised in that the hollows (14) are formed by sinusoidal shaping in the longitudinal section of the ribs (7) provided with a microroughness (16) as regards their surfaces (8, 10, 11) and rounded at the top, the facing flanks (8) of neighbouring ribs (7) being connected to the channel beds (12) by rounded junctions (11).

2. Exchanger tube according to claim 1, characterised in that the median longitudinal planes (MLE) of the hollows (14) of neighbouring ribs (7) run in alignment.
3. Exchanger tube according to claim 1 or 2, characterised in that the microroughness (16) of the rib surfaces (8, 10, 11) is formed by microgrooves running parallel to one another in other than the longitudinal direction (LR) of the ribs (7).
4. Exchanger tube according to claim 1 or 2, characterised in that the microroughness (16) of the rib surfaces (8, 10, 11) is formed by microgrooves intersecting in a cruciform pattern in other than the longitudinal direction (LR) of the ribs (7).
5. Exchanger tube according to one of claims 1 to 4, characterised in that the microroughness (16) is produced by blasting with particles or by means of laser beams.
6. Exchanger tube according to one of claims 1 to 5, characterised in that the depth (T) of the microroughness (16) is 0.075 mm or less.
7. Exchanger tube according to one of claims 1 to 6, characterised in that the flank angle ( $\beta$ ) of the ribs (7) is  $5^\circ$  to  $60^\circ$ , preferably  $10^\circ$  to  $40^\circ$ .
8. Exchanger tube according to one of claims 1 to 7, characterised in that the longitudinal direction (LR) of the ribs (7) runs at an angle ( $\alpha$ ) of  $1^\circ$  to  $89^\circ$ , preferably  $20^\circ$  to  $55^\circ$ , to the longitudinal axis (6) of the exchanger tube (1).
9. Exchanger tube according to one of claims 1 to 8, characterised in that the angle ( $\delta$ ) enclosed between the longitudinal direction (LR) of the ribs (7) and the median longitudinal planes (MLE) of the hollows (14) is  $90^\circ$  or less.
10. Exchanger tube according to one of claims 1 to 9, characterised in that the distance (A) between two neighbouring ribs (7) is 0.10 mm to 2.0 mm, preferably 0.26 mm to 0.6 mm.
11. Exchanger tube according to one of claims 1 to 10, characterised in that the height (H) of the ribs (7) is 0.03 mm to 1.0 mm, preferably 0.05 mm to 0.35 mm.
12. Exchanger tube according to one of claims 1 to 11, characterised in that the distance (A1) between two neighbouring hollows (14) of a rib (7) is 0.2 mm to 4.0 mm preferably 0.3 mm to 1.0 mm.



## EP 0 733 871 B1

13. Exchanger tube according to one of claims 1 to 12, characterised in that the hollow bottoms (15) are arranged at a distance (A2) from the channel beds (12).

5 14. Exchanger tube according to one of claims 1 to 12, characterised in that the hollow bottoms (15) are arranged in the same plane as the channel beds (12).

### 10 Revendications

1. Tube échangeur pour un échangeur de chaleur, présentant une surface extérieure (2) lisse et une surface intérieure (3) structurée, constituée de nervures (7) parallèles s'étendant sous un angle ( $\alpha$ ) différent de 90° par rapport à l'axe longitudinal (6) du tube échangeur (1), avec des flancs (8) inclinés, des canaux (13) délimités latéralement par les nervures (8) et des creusements (14) s'étendant transversalement et creusés dans les nervures (7), les plans longitudinaux médians (MLE) des creusements (14) s'étendant sous un angle ( $\gamma$ ) différent de 90° par rapport à l'axe longitudinal (6) du tube échangeur (1),  
20 caractérisé en ce que les creusements (14) sont constitués par une conformation, sinusoïdale en coupe longitudinale, des nervures (7) dotées d'une microrugosité (6) sur leurs surfaces (8, 10, 11), et arrondies du côté tête, les flancs (8), opposés les uns aux autres, des nervures (7) voisines étant reliées aux soles de canaux (12) par des transitions (11) arrondies.

2. Tube échangeur selon la revendication 1, caractérisé en ce que  
30 les plans longitudinaux médians (MLE) des creusements (14) des nervures (7) voisines s'étendent en alignement.

3. Tube échangeur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que  
35 la microrugosité (16) des surfaces de nervures (8, 10, 11) est constituée par des microcannelures s'étendant parallèlement, dans une direction différente de la direction longitudinale (LR) des nervures (7).  
40

4. Tube échangeur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que  
45 la microrugosité (16) des surfaces de nervure (8, 10, 11) est constituée par des microcannelures se coupant en forme de croix, orientées différemment dans la direction longitudinale (LR) des nervures (7).

5. Tube échangeur selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que  
50 la microrugosité (16) est obtenue par projection de particules ou au moyen d'un rayonnement laser.

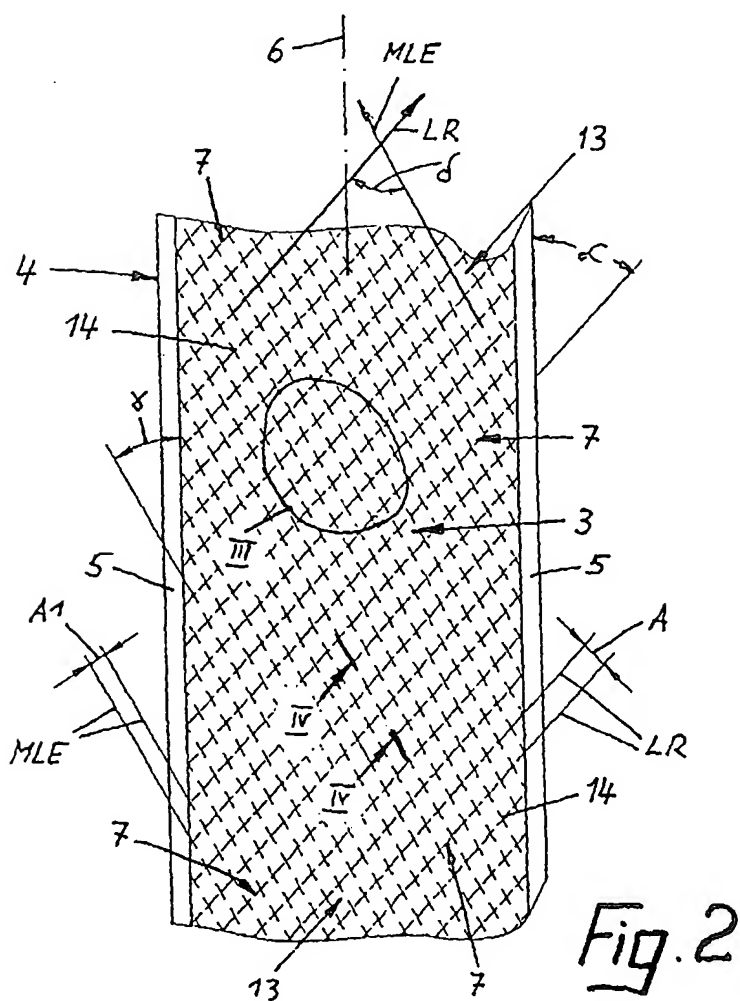
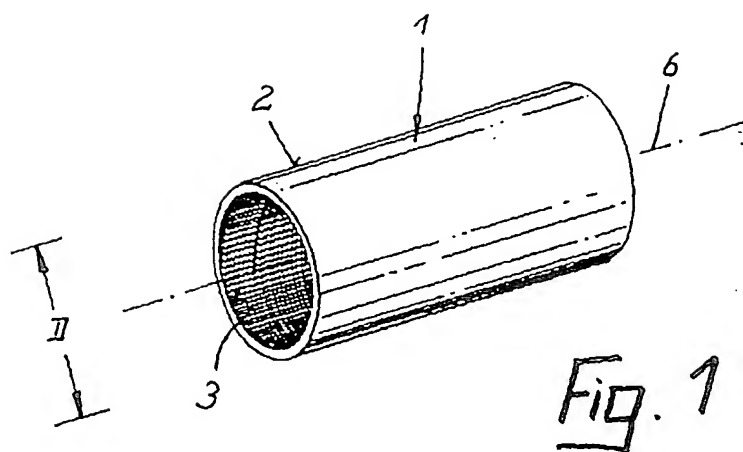
55 6. Tube échangeur selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que

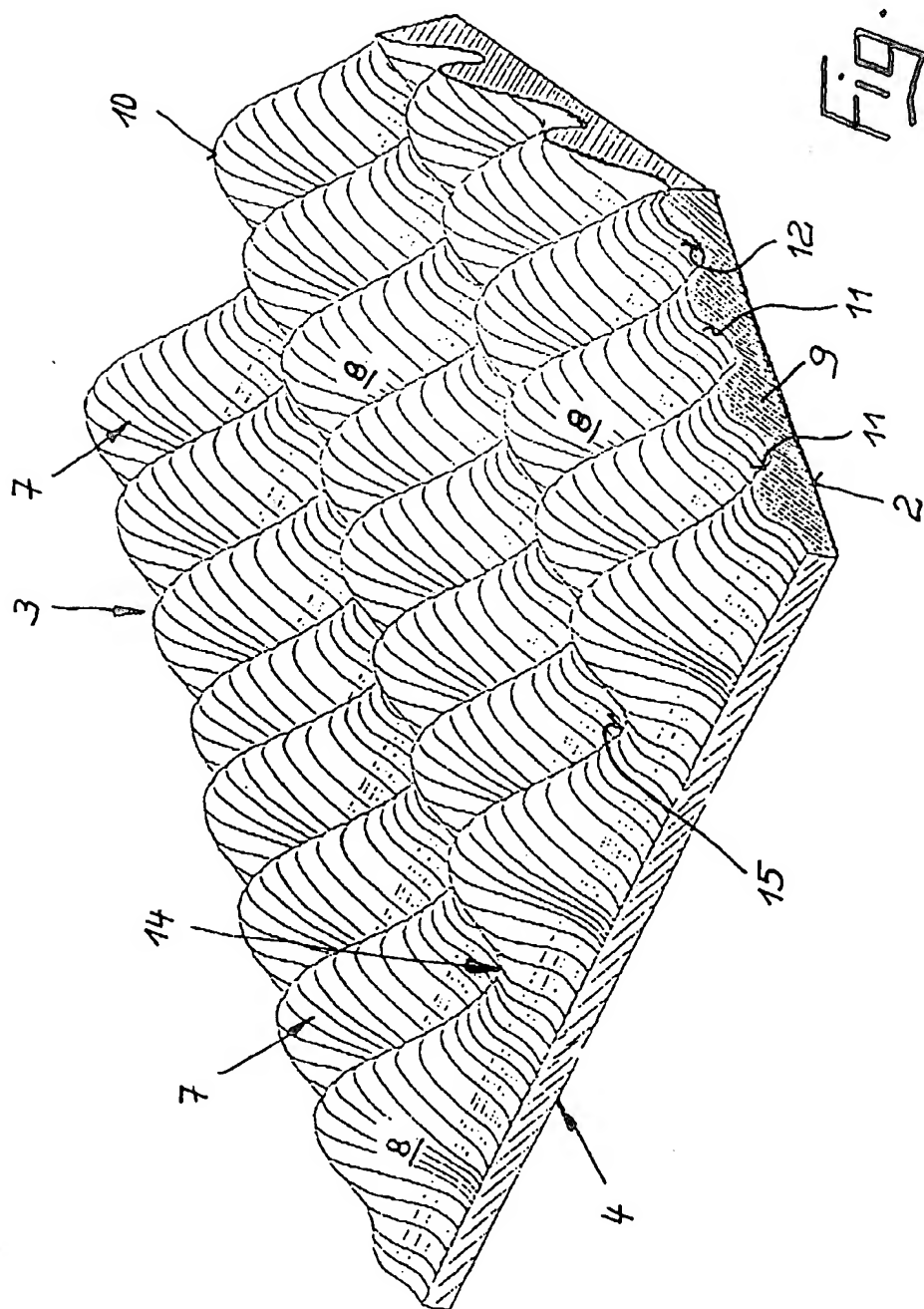
**EP 0 733 871 B1**

la profondeur (T) de la microrugosité (16) est de 0,075 mm ou moins.

- 5 7. Tube échangeur selon l'une des revendications 1 à 6,  
caractérisé en ce que  
l'angle de flanc ( $\beta$ ) des nervures (7) est de 5° à 60°, de préférence de 10° à 40°.
- 10 8. Tube échangeur selon l'une des revendications 1 à 7,  
caractérisé en ce que  
la direction longitudinale (LR) des nervures (7) s'étend sous un angle ( $\alpha$ ) de 1 à 89°, de  
préférence de 20 à 55° par rapport à l'axe longitudinal (6) du tube échangeur (1) .
- 15 9. Tube échangeur selon l'une des revendications 1 à 8,  
caractérisé en ce que  
l'angle ( $\delta$ ) entre la direction longitudinale (LR) des nervures (7) et les plans longitudinaux  
médiants (MLE) des creusements (14) est de 90° et moins.
- 20 10. Tube échangeur selon l'une des revendications 1 à 9,  
caractérisé en ce que  
l'espacement (A) entre deux nervures (7) voisines est de 0,10 mm à 2,0 mm, de préférence  
25 de 0,26 mm à 0,6 mm.
11. Tube échangeur selon l'une des revendications 1 à 10,  
caractérisé en ce que  
30 la hauteur (H) des nervures (7) est de 0,03 mm à 1,0 mm, de préférence 0,05 mm à 0,35 mm.
12. Tube échangeur selon l'une des revendications 1 à 11,  
caractérisé en ce que l'espacement (A1) entre deux creusements (14) voisins d'une nervure  
35 (7) est de 0,2 mm à 4,0 mm, de préférence de 0,3 mm à 1,0 mm.
13. Tube échangeur selon l'une des revendications 1 à 12,  
caractérisé en ce que les fonds de creusement (15) sont disposés selon un espacement  
40 (A2) vis-à-vis des soles de canaux (12).
14. Tube échangeur selon l'une des revendications 1 à 12,  
caractérisé en ce que les fonds de creusement (15) sont disposés dans le même plan que  
45 les soles de canaux (12).
- 50
- 55

EP 0 733 871 B1





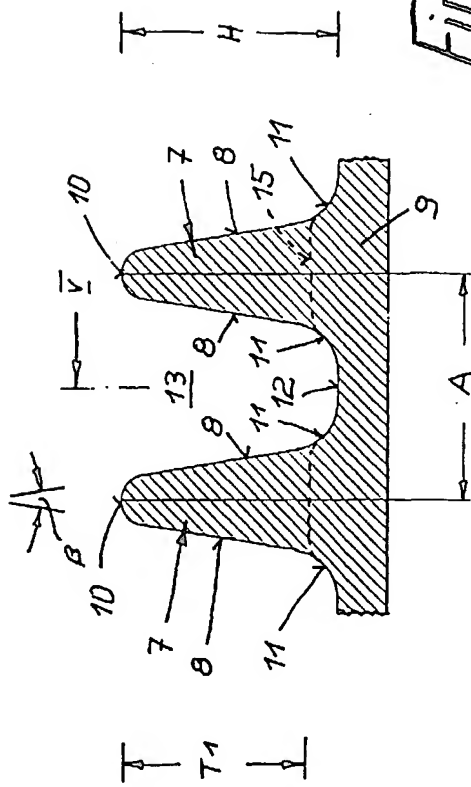


Fig. 4

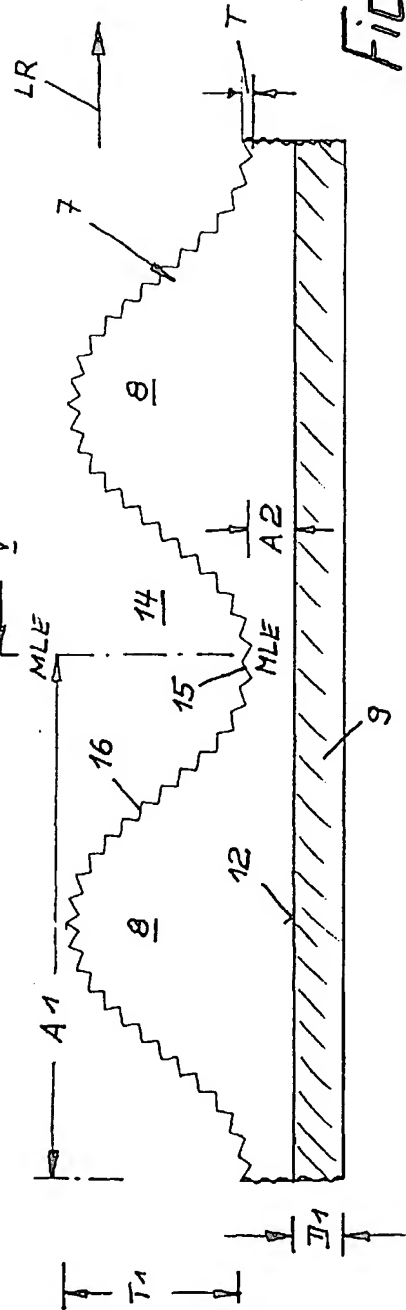


Fig. 5

## Leistungsvergleich

an Wärmeaustauscher in Koaxialbauweise  
mit verschiedenen Rohrausführungen

### Betriebsbedingungen:

Kältemittel R 22

Kondensationstemperatur  $\approx 45^{\circ}\text{C}$

Kondensatunterkühlung  $\Delta\sqrt{u} \approx 5\text{K}$

Kühlmedium Wasser: Eintrittstemp.  $\approx 35^{\circ}\text{C}$

### Rohrabmessungen:

Mantelrohr: 42  $\varnothing$  x 1.5 mm

1. Innenrohr: Glattrohr

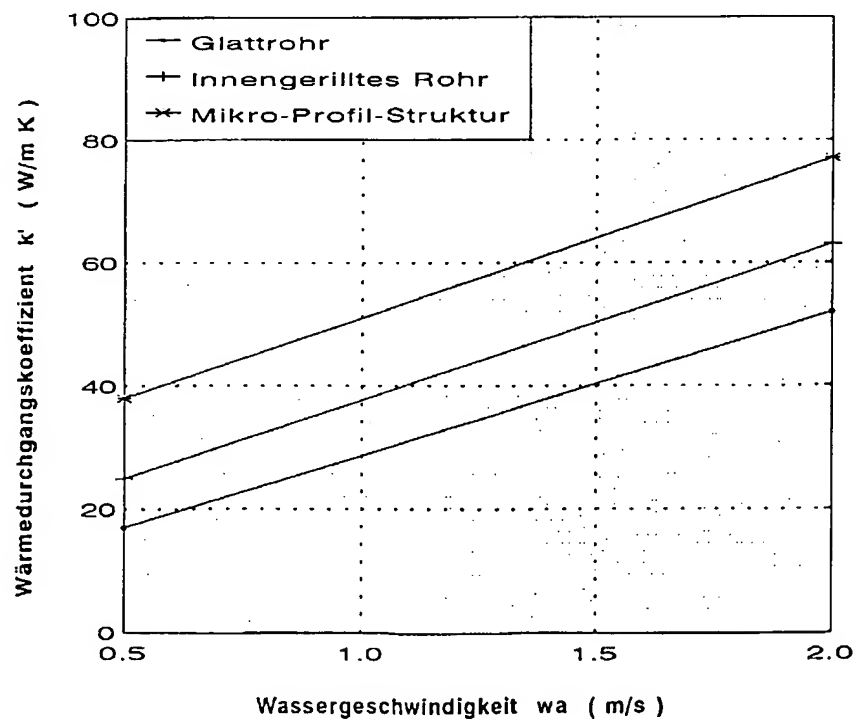
Material SF-Cu, Abm. 9.52  $\varnothing$  x 0.3 mm

2. Innenrohr: Innengerilltes Rohr

Material SF-Cu, Abm. 9.52  $\varnothing$  x 0.3 mm

3. Innenrohr: Rohr mit Mikro-Profil-Struktur

Material SF-Cu, Abm. 9.52  $\varnothing$  x 0.3 mm



## Leistungsvergleich

an Wärmeaustauscher in Koaxialbauweise  
mit verschiedenen Rohrausführungen

### Betriebsbedingungen:

Kältemittel R 22 (durch die Innenrohre)

Verdampfungstemperatur  $\approx 0^\circ\text{C}$

Dampfgehalt am Verdampfereintritt  $x \approx 0.2$

Überhitzungstemperatur  $\Delta\sqrt{u} \approx 4\text{K}$

Heizmedium Wasser: Eintrittstemp.  $\approx 10^\circ\text{C}$

### Rohrabmessungen:

Mantelrohr:  $42 \text{ } \phi \times 1.5 \text{ mm}$

1. Innenrohr: Glattrohr

Material SF-Cu, Abm.  $9.52 \text{ } \phi \times 0.3 \text{ mm}$

2. Innenrohr: Innengerilltes Rohr

Material SF-Cu, Abm.  $9.52 \text{ } \phi \times 0.3 \text{ mm}$

3. Innenrohr: Rohr mit Mikro-Profil-Struktur

Material SF-Cu, Abm.  $9.52 \text{ } \phi \times 0.3 \text{ mm}$

